بسم الله الرحمن الرحیم

صدا در محیط کار

اهمیت موضوع

آلودگی صدا یکی از مهم‌ترین عوامل فیزیکی زیان‌آور در محیط کار محسوب می‌شود. مواجهه کارگران با صدا به‌عنوان یک مشکل فراگیر در محیط‌های کاری در سراسر جهان مطرح می‌باشد. از دیدگاه صنعتی منشاء ایجاد صدا مرتبط با ماهیت فناوری و عملکرد مکانیکی دستگاه‌ها، میزان استهلاک و عملکرد نامناسب بخش متحرک ماشین‌آلات، انفجار، سایش و برخورد اجزای مکانیکی، سرعت بالای جریان سیال در مجاری و فونداسیون نامناسب تجهیزات می‌باشد.

طبق برآورد، ۶۰۰ میلیون کارگر در جهان در معرض صدای محیط کار قرار دارند. حدود ۳۰ میلیون کارگر در کشور آمریکا و ۴ الی ۵ میلیون نفر در کشور آلمان در مواجهه با صدا قرار دارند. سازمان جهانی بهداشت (WHO[1]) برآورد کرده است که حدود ۲۷۸ میلیون نفر در دنیا دارای اختلالات شنوایی از نوع متوسط تا شدید هستند. بررسی‌ها نشان داده‌اند که ۱۶٪ این افت‌های شنوایی، از نوع شغلی و ناشی از صدا در محیط کار است و حدود ۰/۲ الی ۲ درصد تولید ناخالص داخلی در کشورهای درحال توسعه صرف هزینه‌های ناشی از اثرات صدا می‌شود. حدود یک‌سوم افت‌های شنوایی ناشی از مواجهه با صدای بیش از حد مجاز است. افت شنوایی ناشی از صدا به‌عنوان دومین بیماری مهم ناشی از کار در کشور آمریکا محسوب می‌گردد. حدود ۱۰ میلیون کارگر در آمریکا افت شنوایی بیش از ۲۵ دسی‌بل دارند.

بر اساس آخرین آمار کشوری در ایران در سال ۱۳۹۳ تعداد ۶۴۴۲۹۹ کارگاه فعال در بخش‌های چهارگانه صنعت، معدن، خدمات و کشاورزی شامل کارگاه‌های خانگی با جمعیت ۳۰۰۸۹۵۲ نفر شاغل در سطح کشور شناسایی شده است که دارای ۸۵٪ پوشش جمعیتی خدمات بازرسی بهداشت حرفه‌ای بوده است. از این تعداد کارگاه ۱۹٪ با نسبت متناظر ۱۸٪ شاغلین آن‌ها در معرض عامل زیان‌آور صدا و ۷٪ کارگاه‌ها شامل ۵٪ شاغلین آن‌ها در معرض ارتعاش زیان‌آور بوده‌اند. برآوردی از وضعیت شاغلین کشور نشان می‌دهد

1 - World Health Organization

که از جمعیت ۱۳ میلیون نفری بیمه شده اصلی تأمین اجتماعی بدون احتساب نیروهای مسلح و نهادهای دیگر می‌توان مواجهه بیش از ۲/۳ میلیون نفر با صدای زیان‌آور را برآورد نمود.

ارتعاش شغلی نیز یکی از معضلات مهم شغلی در محیط‌های کاری صنعتی و غیر صنعتی قلمداد می‌گردد. مواجه با ارتعاش می‌تواند به‌طور مستقیم باعث صدمات مکانیکی به بدن گردد و به‌عنوان یک استرس‌آور سبب اختلالات فیزیولوژیک گردد. استرس ناشی از ارتعاش می‌تواند باعث اختلال در خون‌رسانی، اختلال در اکسیژن رسانی و همچنین اختلال در تغذیه بافت‌ها گردد. اختلال-عصبی عروقی یکی از شایع‌ترین عوارض مواجهه با ارتعاش است. اختلال گوارشی و برخی اختلالات شدیدتر مانند بافت مردگی نیز می‌توان ناشی از ارتعاش شغلی باشد. طبق برآورد، با توجه به جمعیت شاغلین کشور حدود ۶۵۰۰۰۰ نفر در مواجهه با ارتعاش زیان‌آور می‌باشند.

میزان افت شنوایی ناشی از صدا تحت تأثیر عوامل متعددی از جمله میزان مواجهه با صدا، سن، سابقه کار و رفتارهای بهداشتی کارگر از جمله نحوه استفاده از وسایل حفاظت شنوایی قرار دارد. برنامه حفاظت شنوایی HCP[1] به‌عنوان مهم‌ترین راه‌کار پیشگیری از بروز افت شنوایی در محیط‌های کاری با صدای بیش از حد مجاز محسوب می‌شود. اجزاء اصلی این برنامه شامل پایش محیطی صدا، کنترل‌های مدیریتی و مهندسی صدا، آموزش کارگران، استفاده از وسایل حفاظت شنوایی و پایش شنوایی کارگران می‌باشد. با توجه به اینکه افت شنوایی شغلی از نوع حسی-عصبی بوده و اغلب غیرقابل درمان است، کارایی و اثر بخشی برنامه حفاظت شنوایی کارگران در محیط کار باید به‌صورت مداوم مورد ارزیابی، بازنگری و بهبود مستمر قرار گیرد. میزان اثربخشی برنامه حفاظت شنوایی نشان دهنده میزان تأثیر این برنامه در پیشگیری از ایجاد افت شنوایی در کارگران می‌باشد. یکی از مهم‌ترین اثرات بهداشتی مواجهه با صدا افت شنوایی ناشی از صدا می‌باشد. موسسه بهداشت و ایمنی شغلی امریکا (NIOSH[2]) این عارضه را به‌عنوان یکی از ۱۰ بیماری عمده

1 - Hearing Conservation Program
2 - National Institute of Occupational Safety and Health

شغلی قلمداد کرده است. اختلالات شنوایی علاوه بر محدودیت‌های شغلی و اجتماعی می‌تواند به‌صورت وزوز گوش دائمی ظاهر شود که اغلب در ساعات استراحت باعث آزار دائمی آسیب دیدگان می‌گردد. اثرات توأم صدا و ارتعاش نیز می‌تواند اثر هر عامل را تقویت و عوارض مواجهه با آن را تشدید نماید.

مواجهه با صدای شغلی دارای دو گروه اثرات عمده بر بدن می‌باشد که شامل اثرات شنوایی و اثرات غیر شنوایی است. اثرات غیر شنوایی خود شامل اثرات فیزیولوژیک و روانی- اجتماعی می‌باشد. از دیدگاه اپیدمیولوژیک افت شنوایی شغلی شامل ۱۶٪ کل افت شنوایی افراد می‌باشد. ارتباط بین مواجهه با صدا و افزایش فشارخون و ضربان قلب، اختلال گوارشی و عوارض روانی- عصبی، اختلال خواب، اضطراب ناشی از آزار صدا مورد تائید محققین می‌باشد. مواجهه با صدا همچنین می‌تواند باعث افت کارایی ذهنی افراد گردد و بالتبع می‌تواند باعث کاهش عملکرد شغلی گردد. آسایش صوتی در محیط‌هایی که تمام یا بخشی از فعالیت شغلی نیاز به عملکرد ذهنی دارد بسیار بر روی عملکرد تأثیرگذار است. عملکرد افراد در وظایف ذهنی ساده ممکن است در تراز صوت خیلی بالا نیز بدون تغییر باقی بمانند، در حالی که وظایف پیچیده‌تر ممکن است در ترازهای صوت پایین‌تر نیز دچار اختلال شوند. مواجهه با صدا به دلیل اثر بر ارتباطات و محدود نمودن عملکرد ذهنی به‌عنوان یکی از ریسک فاکتورهای حوادث شغلی محسوب می‌گردد. سازمان جهانی بهداشت خسارت مالی مواجهه با صدا را روزانه ۴ میلیون دلار برآورد نموده است.

یکی از مؤثرترین اقدامات مرکز سلامت محیط و کار، وزارت بهداشت اجرای طرح مقابله با صدا در محیط می‌باشد. برنامه مذکور از سال ۱۳۷۹ پس از تدوین و آموزش کارشناسان مرتبط طی چندین مرحله در قالب یک طرح پایلوت در ۱۰ استان کشور به مرحله اجرا گذاشته شد و پس از انجام آزمایشی آن در این مدت و اصلاح نقاط ضعف برنامه، از سال ۱۳۸۲ تاکنون به شکل یک برنامه کشوری الزامی در تمام دانشگاه‌های علوم پزشکی کشور در حال اجرا می‌باشد.

برنامه حفاظت از شنوایی

برنامه حفاظت از شنوایی یا به اختصار HCP در محیط کار یک برنامه هدفمند و منسجم است که برای حفاظت در مقابل صدمات فیزیولوژیک دستگاه شنوایی در اثر مواجهه با صدا اتخاذ می‌گردد. اجرای این برنامه باید قاعدتاً منجر به تأمین سلامت کارگر در یک دوره فعالیت شغلی طولانی مدت گردد. با عنایت به استانداردهای مواجهه، ارزیابی محیطی و پایش سلامت، می‌توان به این مهم دست یافت. برنامه مذکور شامل پنج رکن اساسی است:

۱. بررسی صدا در محیط کار و ارزیابی مواجهه کارگران
۲. آموزش به‌منظور ارتقاء مهارت و کاهش صدمات
۳. کنترل محیطی صدا شامل کنترل مدیریتی و کنترل‌های فنی
۴. استفاده صحیح و مؤثر از تجهیزات حفاظت شنوایی
۵. پایش سلامت از طریق معاینات پزشکی خصوصاً ادیومتری

در برنامه حفاظت از شنوایی مسئولین ذی‌ربط باید تدابیری را بیندیشند که تمام ارکان برنامه در زمان مناسب خود به اجرا گذاشته شود. اجرای هر یک از این ارکان مزاحمتی برای انجام سایر آن‌ها نیست، اما انجام ترتیبی آن‌ها سبب می‌شود که این اقدامات مؤثرتر به اجرا در آیند. همان‌گونه که در ترتیب ارکان برنامه آمده است، مهم‌ترین رکن، ارزیابی علمی و صحیح وضعیت آلودگی صدا در محیط کار و میزان مواجهه کارگر با صدا است. در صورتی که میزان مواجهه معلوم گردد، کارشناس می‌تواند با توجه به درجه مخاطره و برآوردی که از میزان آسیب‌ها دارد سایر برنامه‌ها مانند آموزش و کنترل را برنامه‌ریزی خواهد نمود. در این رابطه آموزش‌ها باید مبتنی بر نتایج بررسی مواجهه و شیوه‌های کنترل نیز باید در این راستا تدوین گردد. برنامه کمی و کیفی چگونگی استفاده از حفاظ‌های شنوایی می‌تواند با رعایت ملاحظات مربوطه در این راستا به حفظ سلامت افراد کمک نماید که در ادامه خواهد آمد.

جنبه‌های بهداشتی مواجهه با صدای شغلی

صدا به‌صورت امواج مکانیکی می‌تواند بر کل بدن از جمله دستگاه شنوایی تأثیر سوء داشته باشد. البته این تأثیر از نظر اپیدمیولوژیک زمانی می‌تواند اهمیت داشته باشد که سبب اختلال فیزیولوژیک در بدن نماید. در محیط‌های کاری نیز صدا از این دیدگاه مورد توجه قرار می‌گیرد. اثرات صدا بر انسان از چند جنبه مورد توجه می‌باشد:

۱ - صدمه به دستگاه شنوایی که بعداً مورد بحث قرار می‌گیرد.

۲ - تداخل با مکالمه: مکالمه در محیط‌های کاری به‌عنوان یکی از راه‌های ارتباط می‌باشد که در صورت وجود صدای زمینه مخصوصاً در فرکانس‌های حدود مکالمه (۲۰۰۰ - ۱۰۰ هرتز) می‌تواند ارتباط بین افراد را از طریق کلامی مختل سازد و باعث بروز اشتباه و نیز حوادث گردد. در ارزیابی صدا، تراز تداخل با مکالمه (SIL) نیز محاسبه و مورد توجه قرار می‌گیرد.

۳ - اثر روی اندام بینایی: در مواجهه با صدا، کنترل تطابق و تعقیب اشیاء به هم می‌خورد و عکس‌العمل به نور کم می‌شود.

۴ - اثر بر سیستم تعادلی (گیجی ، تهوع ، اختلال در راه رفتن).

۵ - ناراحتی اجتماعی: مانند اثر بر خواب و روابط اجتماعی و خانوادگی خصوصاً هنگامی‌که افت شنوایی به ناحیه مکالمه سرایت نموده باشد. افرادی که دچار افت دائم شنوایی شوند میل دارند این عارضه مخفی بماند، لذا در مناسبات اجتماعی کمتر شرکت می‌نمایند.

۶ - اثرات عصبی: اثر بر دستگاه گوارش شامل اختلالات و حتی دردهای شکمی و ترشح زیاد اسید معده و تشدید بیماری‌های مرتبط

۷ - اثر روی الکترولیت‌ها: مخصوصاً روی نگهداری سدیم در ادرار نقش محدود کننده دارد. مواجهه با صدا در تطابق بدن با گرما نقش منفی دارد.

۸ - اثرات جانبی: شامل کاهش راندمان کار، افزایش ریسک حوادث.

۹ - اثرات روانی: هیجان، تحریک‌پذیری و اختلالات روانی، مطالعات نشان داده است که افرادی که با صدا مواجهه دارند بیشتر به اختلالات روانی دچار می‌گردند.

۱۰ - اثرات فیزیولوژیک عمومی: صدا می‌تواند باعث تحریک عصبی شده و ضربان قلب، فشار خون و مصرف اکسیژن و تعداد تنفس را افزایش دهد که این تغییرات بر عملکرد دستگاه‌های بدن اثر نامطلوب دارد. این عوارض برای کسانی که دارای بیماری‌های قلب و عروق دارند و همچنین زنان باردار بسیار خطرناک است.

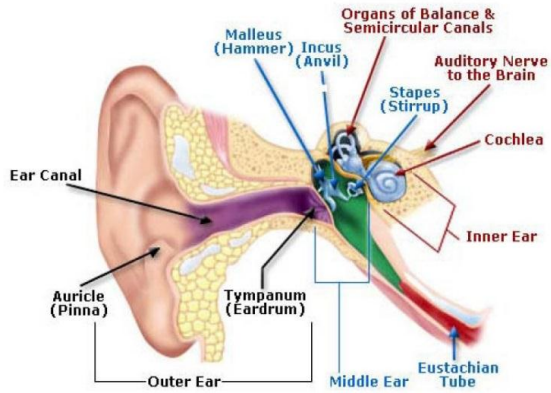
۱۱- اثر ذهنی صدا: برای همهٔ افراد چه در محیط کار و چه در اجتماع اثر ذهنی صدا یکسان نبوده و افراد مختلف از نظر اثرات روانی و عصبی آن یکسان تحت تأثیر قرار نمی‌گیرند لذا ممکن است یک صدای واحد برای بعضی افراد قابل تحمل و برای دیگران آزار دهنده باشد. این عامل مستقل از تراز فشار است و منحصر به ترازهای بالا نیز نیست.

مکانیسم شنوایی

دستگاه شنوایی انسان که در شکل (۱۱) نشان داده شده است، متشکل از سه بخش عمده شامل: گوش خارجی، گوش میانی و گوش داخلی می‌باشد. گوش خارجی، شامل لالهٔ گوش و مجرا است که جزء اندام‌های حفاظتی و هدایتی گوش هستند. نقش لالهٔ گوش در شنیدن اصوات حائز اهمیت است زیرا شکل آن به‌گونه‌ای است که امواج محیط را به‌سمت مجرا هدایت می‌کند. طول مجرای گوش در بالغین ۳۰ mm - ۲۵ قطر آن ۷ mm-۵ است. وظیفهٔ مجرا هدایت صوت به‌سمت پردهٔ صماخ و هم‌چنین محافظت آن از آسیب‌های مستقیم می‌باشد. ضخامت پرده صماخ حدود ۰/۱ mm و مساحت آن حدود ۶۵ mm^2 است.

گوش میانی، شامل پردهٔ صماخ و استخوان‌های سه‌گانه (چکشی، سندانی، رکابی) است. محفظه گوش میانی در قسمت پایین دارای شکل شیپوری بوده و منتهی به یک راه ارتباطی به حلق می‌باشد که مجرای اوستاش نامیده می‌شود. مجرای اوستاش نقش مهمی در تخلیه ترشحات و تنظیم فشار در دو طرف پرده صماخ دارد. انتقال مکانیکی و تقویت

انرژی صوتی دریافت شده توسط صماخ بـه دریچـهٔ بیضـی بـه عهـده گـوش میـانی اسـت. استخوان چکشی به پردهٔ صـماخ و رکـابی بـه پـردهٔ بیضـی متصـل اسـت و رابـط ایـن دو، استخوان سندانی است.



شکل (۱۱) نمای بخش‌های سه‌گانه گوش انسان

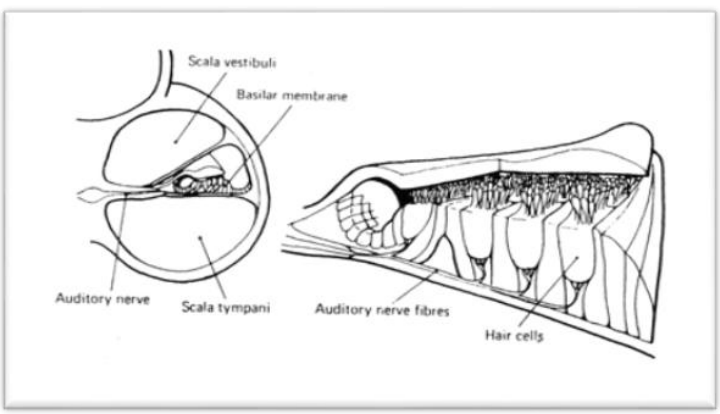
گوش داخلی شامل حلزون[1]، شبکه عصبی انتقالی و در مجاورت آن مجاری نـیم دایـره تعادلی است که نقش آن حفظ تعادل اندام‌های حرکتی می‌باشد. حلزون گوش اندامی است استخوانی و مارپیچ که ۲/۵ دور حول محور مرکزی خود چرخیده است. درون ایـن مجـرای استخوانی با سه کانال محتوی مایع آندولنف بوده و گیرنده‌های دستگاه شنوایی در آن قـرار دارد. امواج صوتی عبوری از دریچهٔ بیضی در این سیستم دریافت و به گیرنـده‌هـای عصـبی شنوایی منتقل می‌گردد.

در یک برش عرضی از حلزون (شکل ۱۲)، سه مـجرای مختلف ملاحظه می‌گـردد کـه شامل مجرای دهلیزی[2]در بالا ، که از دریچهٔ بیضی شروع می‌شود، مجرای صماخی[3] کـه بـه دریچهٔ گرد ختم می‌شود و مجرای سوم که بین این دو قرار گرفته است، مجرای میانی نـام دارد. این سه مجرا با غشای مربوطه از هم جدا شده‌اند. این سه مجرا بـه‌صـورت مـوازی تـا

1 - Cochliea
2 - Scala Vestibula
3 - Scala Tympani

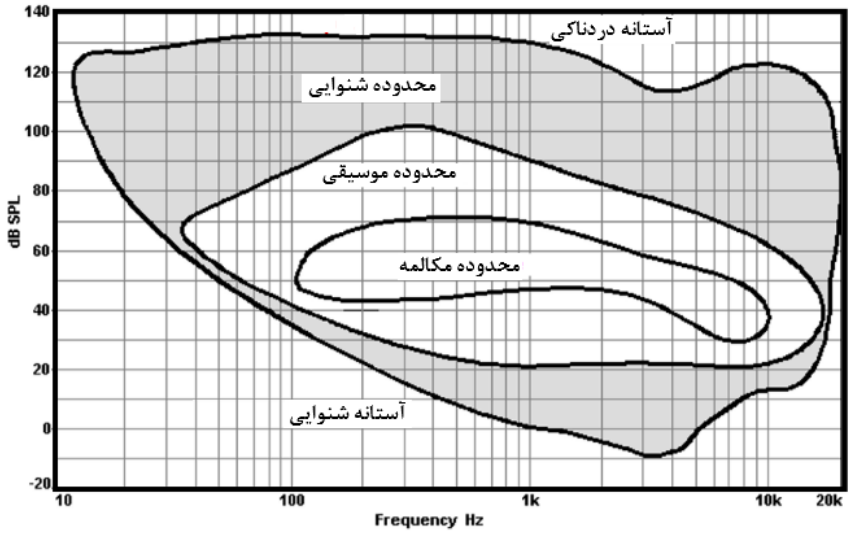
رأس حلزون ادامه دارند. مهم‌ترین مجرا از نظر شنوایی مجرای میانی است. بر روی غشاء پایه این مجرا حساس‌ترین قسمت کوکله یعنی اندام کرتی[1] قرار گرفته است. در روی غشاء پایه اندام کرتی مجموعه‌ای از سلول‌های گیرندهٔ امواج عصبی مژک‌دار[2] در مایع حلزون غوطه‌ور هستند. تعداد سلول‌های گیرنده بسیار زیاد است. طبق تخمین حدود ۳۰-۲۴ هزار سلول در طول مجرا وجود دارد. هر ناحیه از گیرنده‌ها به فرکانس‌های صوتی معینی حساسیت دارند. در نزدیکی پرده بیضی سلول‌های گیرنده به فرکانس‌های بالا حساس هستند و هرچه به سمت رأس حلزون برویم حساسیت اندام کرتی به فرکانس‌های پائین (بم) میل پیدا می‌کند. شکل (۱۳) محدوده شنوایی انسان را نشان می‌دهد.

اندام کرتی در ناحیه معینی از فرکانس‌ها حساسیت بیشتری دارد که طبق تجربیات ناحیهٔ فرکانس 4096 Hz ناحیه شکننده یا آسیب پذیر در گوش می‌باشد و در مواجهه با صدا، این ناحیه بیشترین آسیب شنوایی را متحمل می‌گردد. در منحنی اودیوگرام افرادی که با صدا مواجهه بیش از حد دارند، ملاحظه می‌گردد که همواره بیشترین آسیب شنوایی مربوط به ناحیه درک فرکانس‌های محدوده 4 KHz می‌باشد. دلایل مختلفی در کتب شنوایی‌شناسی برای این موضوع ذکر گردیده است که عمده‌ترین آن‌ها کمبود جریان عروقی در این ناحیه و بازتاب انرژی امواج صوتی در مجرا می‌باشد.



شکل (۱۲) برش عرضی حلزون و اندام کرتی

1 - Corti System
2 - Cillia



شکل (۱۳) محدوده‌های شنوایی انسان

صدمات صوتی به دستگاه شنوایی

این صدمات به‌طور عمده شامل: افت شنوایی ناشی از صدا[1] (افت موقت شنوایی[2] و افت دائم شنوایی[3]، وز وز گوش[4] و ضربه صوتی[5] می‌باشد. تغییر موقت آستانهٔ شنوایی یا افت موقت شنوایی زمانی اتفاق می‌افتد که فرد به‌طور اتفاقی یا به‌صورت غیر شغلی با امواج صوتی بالاتر از ۶۵ دسی‌بل مواجهه داشته باشد. این تغییر به‌صورت افزایش آستانه شنوایی می‌باشد. در این عارضه شخص احساس سنگینی و کیپی در گوش دارد. ویژگی این آسیب این است که موقت بوده و پس از قطع مواجهه با صدا، عمدتاً در مدت چند ساعت بهبود پیدا می‌کند.

اصوات با فرکانس پائین اثر کمتری در ایجاد TTS داشته و محدوده فرکانس۶ -۲ KHz بیشترین اثر را دارند. حداقل تراز فشاری که می‌تواند باعث TTS گردد، حداقل ۶۵dB است.

1 - Noise Induced Hearing Loss (NIHL)
2 - Temporary Threshold Shift (TTS)
3 - Permanent Threshold Shift (PTS)
4 - Tinitus
5 - Acoustic Throuma

عارضه TTS بسته به تراز فشار صوت و مدت مواجهه می‌تواند از چند ساعت تا چند هفته طول بکشد. در صورتی‌که مواجهه با صدا تکرار گردد و به‌صورت دائمی درآید افت موقت به افت دائم تبدیل می‌شود. این افت نه در اثر خستگی دستگاه شنوایی بلکه در اثر تخریب سلول‌های مژک‌دار اندام کرتی صورت می‌گیرد و اغلب بهبودی به دنبال ندارد. افرادی که دچار PTS هستند ممکن است به‌طور هم‌زمان دچار TTS نیز باشند. برای مشخص کردن مقدار واقعی PTS ، کارگر را صبح روز بعد از کار جهت شنوایی سنجی هدایت می‌نمایند.

افت دائم شنوایی در اثر صدا بسته به عوامل مختلف فردی و محیطی متفاوت می‌باشد. خصوصیات فردی مهم شامل: سن، سابقهٔ کار، نژاد، تغذیه، بیماری‌ها است. مسمومیت با اکسید کربن، جیوه، فسفر، سرب و برخی داروها نظیر استرپتومایسین، سالیسیلات، جنتامایسین نیز می‌تواند با ایجاد کم شنوایی اثر صدا را بر دستگاه شنوایی تشدید نماید. ضربه به سر، عفونت‌ها و برخی بیماری‌های غیر شغلی نیز می‌تواند دلیل افت شنوایی باشد. عوامل محیطی مؤثر بر افت شنوایی شامل: نوع صدا، تراز فشار صوت و مدت زمان مواجههٔ روزانه فرد می‌باشد.

به علت شروع افت از نواحی اطراف 4KHz ، فرد در ابتدا متوجه کاهش شنوایی خود نمی‌گردد حتی ممکن است به اشتباه اظهار نماید که به صدای محیط کار خود عادت کرده است. زمانی فرد متوجه افت شنوایی خود می‌شود که در مکالمه و ارتباط اجتماعی او محدودیت ایجاد شده باشد، در چنین شرایطی شخص دچار درجاتی از افت شنوایی می‌گردد لیکن کری شغلی[1] زمانی اطلاق می‌گردد که میزان افت شنوایی با سمعک قابل جبران نباشد و معمولاً میزان افت از ۹۰ دسی‌بل بیشتر شده است که بیمار عمدتاً برای بهبودی به درمان جواب نمی‌دهد.

بهبود TTS در صدای پیوسته به‌طور خطی است ولی در صدای کوبه‌ای به‌صورت ۳ مرحله‌ای می‌باشد(مرحلهٔ کوتاه تا ۲ ساعت، مرحلهٔ بازگشت به سطوح بالاتر۶ -۲ ساعت و مرحلهٔ بهبود تدریجی که حتی در مواردی تا چند ماه نیز ممکن است طول بکشد). با توجه

1 - Occupational diffness

به مطالب فوق لازم است که در هنگام معاینات قبل از استخدام افراد مستعد و حساس به صدا به دقت شناسایی شده و از اشتغال آنان در محیط پر صدا جلوگیری به عمل آید. برخی تست‌ها می‌تواند حساسیت فرد را به صدا قبل از ورود به شغل تعیین نماید.

به‌طور طبیعی با افزایش سن افراد دچار نقصان شنوایی می‌گردند. بر اساس بررسی‌ها اثر سن برای زنان و مردان به دست آمده است که باید قبل از محاسبه افت دائم هر گوش در فرکانس مربوطه لحاظ گردد.

دو عارضه ضربهٔ صوتی و وزوز گوش نیز می‌توانند به عنوان عوارض شغلی ناشی از صدا تلقی شوند. ضربه صوتی در اثر یک مواجهه یا چند مواجههٔ نسبی با ترازهای خیلی بالای فشار صدا مانند صدای مربوط به انفجارات به وجود می‌آید که به این ترازها، ترازهای صدای تروماتیک (آسیب‌رسان) گفته می‌شود. به محض مواجهه با این صدا که خارج از تحمل اندام شنوایی می‌باشد، صدمهٔ مکانیکی نظیر پارگی پردهٔ صماخ یا صدمه به بافت‌های متصل‌کنندهٔ قطعات استخوانی به یک یا چند عضو از اندام شنوایی وارد می‌گردد. عارضه وزوز گوش نیز اغلب به صورت مقدمه افت شنوایی، توأم با افت شنوایی شغلی یا همراه ضربهٔ صوتی می‌باشد و شخص همواره دچار احساس وزوز دریک یا دو گوش گردیده و اغلب در ساعات استراحت و سکوت فرد را مورد آزار قرار می‌دهد.

محدوده‌های افت شنوایی

بر اساس تقسیم‌بندی موسسه ملی استاندارد امریکا و آکادمی گوش و حلق و بینی امریکا محدوده زیر برای افت دائم در فرکانس‌های ۵۰۰ تا ۲۰۰۰ معرفی شده است:

الف - افت هر گوش کمتر از ۲۵ دسی‌بل کم شنوایی تلقی نمی‌شود.

ب - افت بین ۲۵ تا ۴۰ دسی‌بل کم شنوایی جزئی

ج - افت بین ۴۰ تا ۵۵ دسی‌بل کم شنوایی ملایم

د - افت بین ۵۵ تا ۷۰ دسی‌بل کم شنوایی متوسط

ه - افت بین ۷۰ تا ۹۰ دسی‌بل کم شنوایی شدید

و - افت بیش از ۹۰ دسی‌بل ناشنوایی عمیق یا کری دائم

اصول کنترل صدا

کنترل صدا[1] به‌منظور کنترل اثرات آن و راحتی کارگر بوده و شامل روش‌های: کنترل مدیریتی و کنترل فنی است. کنترل مدیریتی بر کنترل فنی مقدم و همراه آن می‌باشد. آموزش کارکنان، کاهش مواجهه غیر ضرور، انتخاب مناسب کارگران برای مشاغل پر صدا، گردشی نمودن شغل و پایش سلامت کارکنان و کارگران می‌باشد

روش‌های عمومی کنترل فنی

روش‌های عمومی کنترل خود به سه گروه قابل تقسیم هستند: کنترل مبتنی بر سازه یا پسیو[2]، کنترل مبتنی بر دفاع صوتی یا اکتیو[3] و حفاظت فردی. هر یک از این روش‌ها خود قابل تقسیم به زیر شاخه‌های خود هستند. روش کنترل مبتنی بر سازه خود دارای مراحل و روش‌هایی است که بر اساس تشخیص مهندس کنترل صدا مورد استفاده قرار می‌گیرد. اساس مراحل در این روش، شامل مراحل: کنترل در منبع صوتی، کنترل در مسیر و محیط انتشار صوت و حفاظت کارگران از طریق پناهگاه سازی و حفاظت فردی است.

کنترل در منبع صوتی

کنترل صدا باید اصولاً از طراحی دستگاه شروع شود. اما در کاربرد، می‌توان از روش‌ها و دستگاه‌هایی استفاده نمود که دارای منابع صوتی ضعیف‌تری باشند یا وسایل کنترل صدا قبلاً بر روی دستگاه نصب شده باشند. به‌طور مثال استفاده از سامانه‌های هیدرولیکی بجای پنوماتیکی و ضربه‌ای در پرس‌ها، به‌کارگیری اره‌های موسوم به آب صابونی بجای اره‌های آتشی، به‌کارگیری دستگاه‌های نساجی جدید با فنّاوری روز، استفاده از موتورهای درون‌سوز که روی آن‌ها انباره‌های اگزوز بهتری نصب شده باشد استفاده از روش غوطه‌وری

1 - Noise Control
2 - Passive Noise Control
3 - Active Noise control

یا پاشش خودکار رنگ روی قطعات از این روش‌ها است. اگرچه شرکت‌های سازنده تمایل به ساخت دستگاه‌هایی با صدای کمتر دارند ولی در بسیاری موارد می‌توان صدای دستگاه‌های در حال کار را نیز با تغییراتی در ساختمان آن‌ها، اصلاح چگونگی کار دستگاه، عیب‌یابی و همچنین کشف علت‌های ایجاد و یا تشدید صدا، کنترل نمود. روش‌های اصلی کنترل صدا در منبع شامل موارد زیر است:

۱ - انتخاب صحیح تجهیزات متناسب با فرایند تولید.

۲ - انتخاب محل و نحوه نصب صحیح تجهیزات.

۳ – نگهداری صحیح تجهیزات.

۴ - کنترل ارتعاش تجهیزات.

۵ - نصب کاهش دهنده‌های صدا بر روی تجهیزات.

۶ - تغییر در اجزا و کار تجهیزات و بهینه‌سازی آن‌ها.

۷ - محصور کردن تجهیزات مولد صدای زیان‌آور.

۸- استفاده از روش‌های الکتریکی و الکترونیک

کنترل در مسیر و محیط انتشار صوت

در صورتی که کنترل صدا در منبع میسر یا مؤثر نباشد، جلوگیری از انتقال یا انتشار صدا یا به‌عبارت دیگر کنترل آن در مسیر و محیط انتشار است که خود شامل چند شیوه است مد نظر قرار می‌گیرد. اصولاً این روش مبتنی بر دو خاصیت جذب صوت[1] در محیط انتشار و عایق‌بندی (ایزولاسیون) صوت[2] برای جلوگیری از عبور صوت می‌باشد. روش‌های اصلی کنترل صدا در مسیر و محیط انتشار صدا شامل موارد زیر است:

۱- مجزا نمودن منابع اصلی صدا از سایر منابع.

۲ - جداسازی بخش‌های پر صدا از سایر بخش‌های کارگاه.

۳ - کنترل صدا مبتنی بر جذب صدا.

1 - Sound Absorption

2 - Sound Insulation

۴ - کنترل مبتنی بر ایزولاسیون صوتی.

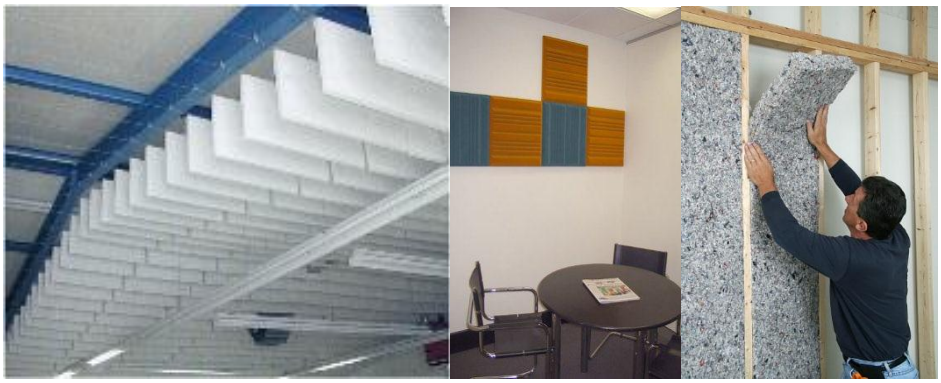
۵ – استفاده از روش‌های الکترونیک همانند کنترل فعال یا دفاع صوتی[1].

۶ – اتاقک سازی برای کارگر.

فناوری استفاده از جاذب‌های صدا

وجود سطوح بازتابشی در اطراف منابع صوتی باعث می‌شود که تراز فشار صوت به‌علت بازتابش مکرر افزایش پیدا کند. این میزان افزایش به تعداد و مشخصات سطوح بازتابشی بستگی دارد. اگر یک منبع صوتی توسط فقط سه سطح احاطه شده باشد تا ۹ دسی‌بل افزایش تراز فشار صوت خواهد داشت و افزایش سطوح به ۶ سطح می‌تواند به‌طور مضاعف باعث تشدید صدای منبع گردد. وجود جاذب صوتی مناسب می‌تواند تا حدود زیادی این پدیده را کنترل نماید. میزان جذب صوت در مصالح مختلف اختصاصی بوده و برای هر نوع ماده ثابت است. هر ماده‌ای از نظر درصد جذب انرژی صوت در کل باند فرکانسی و نیز در هر فرکانس، ضریب جذب مخصوص به خود دارد. ضریب جذب صوت در هر ماده عبارت از نسبت انرژی صوتی جذب شده به انرژی صوتی اولیه می‌باشد. پدیده جذب صوت کم‌وبیش در تمام مصالح وجود دارد اما فقط مصالحی که ضریب جذب بالاتر از ۰/۴ داشته باشند به‌عنوان مصالح آکوستیکی استفاده می‌شوند. مواد جاذب صوت در ویژگی تخلخل و چگالی کم، مشترک هستند. ضریب جذب دیواره‌ها نیز با افزایش ضخامت آن به‌طور خطی افزایش می‌یابد. از ورقه‌های جاذب به‌صورت‌های مختلفی می‌توان استفاده نمود، مثلاً روکش نمودن سطوح داخلی سازه اصلی بنا با لایه‌ای از مواد جاذب که در جلوگیری از بازتابش صوت مؤثر بوده و انتشار صوت را به میدان آزاد نزدیک می‌کند. شکل (۱۴) نمونه‌هایی از نصب جاذب‌های ورقه‌ای دیواری، سقفی و آویز به‌کار رفته در فضای داخلی را نشان می‌دهد.

1 - Active Noise Control (ANC)



شکل (۱۴) استفاده از جاذب‌های ورقه‌ای دیواری، سقفی و آویز

عایق‌بندی صوتی

عایق‌بندی صوتی[1] در مقابل عبور صوت از یک مکان به مکان دیگر با استفاده از دیـواره عایق یا مانع امکان‌پذیر می‌گردد. همان‌گونه که قبلاً نیز عنـوان گردیـد، اصـولاً تمـام مـواد کم‌وبیش دارای مقاومت در برابر عبور صوت هستند. این ویژگی تحت عنوان مقاومت صوتی نیز ذکر می‌شود. عایق‌بندی صوتی هر دیواره تابعی از ضـریب عبـور[2] صـوت اسـت. ضـریب انتقال صوت، نسبت انرژی عبوری به انرژی برخوردی به هر دیواره است. می‌توان گفـت کـه هر چه ضریب انتقال بزرگ‌تر شود، شاخص افت انتقال کمتر خواهد بود. با این بیان هرچـه ضریب جذب یک دیواره یا ضریب انتقال صوت آن که به معنی نفوذپـذیری زیـاد صـوت در دیواره است، بیشتر باشد، شاخص افت انتقال صوت در دیواره کمتر خواهد بود. دیـواره‌هـای عایق برای جلوگیری از انتقال صدا از یک محیط به محیط دیگر به‌کار می‌رود. معلـوم شـده است که افت انتقال در فرکانس‌های پایین کمتر از فرکانس‌های بالا است. لذا می‌توان گفـت که عایق‌های صوتی در فرکانس‌های پایین کارایی ضعیف‌تری دارند.

عوامل مهم مؤثر بر افت انتقال دیـواره‌هـای عـایق شـامل: جـرم[3] (چگـالی سـطحی) و یکدستی[1] مصالح می‌باشد. بر اساس قانون جرم هر ماده که چگال تر باشد نسبت بـه صـدا

1 - Sound Isolation
2 - Transmission Coefficient (TC)
3 - Weight

نفوذپذیری کمتر دارد. بنابر این افت انتقال در آن ماده بالا خواهد بود. به‌طور تجربی، بـرای هر ماده یک شاخص افت انتقال معین شده است. این شاخص عبارت است از اخـتلاف تـراز فشار صوت در دو طرف یک دیواره به دسی‌بل.

اتاقک صوتی

اتاقک سازی برای کارگر یک روش معمول و مؤثر کنترل صدا است. در صورتی‌که امکان اجرای موارد کنترل در منبع و یا مسیر انتشار نباشد و نیز برای دستیابی به نتیجهٔ بهتر در مکان‌هایی که لزوم کنترل در مجاورت دستگاه محرز نیست، هم‌چنین در مواردی که فرایند کار می‌تواند از فاصلهٔ دورتری هدایت گردد، از اتاقک‌های کنترل استفاده می‌گردد. این پناهگاه‌ها به‌گونه‌ای طراحی می‌گردند که کلیهٔ لوازم و ابزار کنترل فرآیند در آن پیش‌بینی شده و دارای پنجره‌هایی با شیشه دو جداره خلاء شده باشد که دید کارگر را نیز به‌طور مستقیم بر فرآیند تولید میسر می‌سازد. افت انتقال دیواره‌های این پناهگاه باید با توجه به مشخصات صوتی محیط طراحی و هم‌چنین مسائل مربوط به کنترل ارتعاش، تهویه، روشنایی و امکانات تأمین شرایط جوی مناسب در آن پیش‌بینی می‌شود.

انباره‌ها

مافلر[1] و سایلنسر[2] نام عمومی برای محفظه‌ها یا انباره‌های کنترل صدا است که می‌توانند تراز صدای ناشی از خروج پرفشار یک گاز یا هوا را در خروجی[3] کاهش دهند. این وسایل به سه دسته کلی انباره‌های: انبساطی[4]، جذبی[5] و پخشی[6] تقسیم می‌شوند. اصول کار این انباره‌ها بر اساس انبساط، جذب و پخش است. در این وسایل موج فشار گاز یا هوا وارد می‌شود و به دلیل انبساط ناگهانی یا برخورد به سطوح جذبی و تغییر مسیرهای ایجاد شده در داخل محفظه انرژی خود را تا حدی از دست می‌دهد. گاز خروجی دارای تراز فشار صوت پایین‌تری می‌باشد. انباره اگزوز خودروها متداول‌ترین مثال این گروه است. از انباره‌ها در صنعت برای کنترل صدای ابزارهای بادی، خروجی‌های سیال همچون خروجی بخار و سامانه‌های تهویه صنعتی استفاده می‌شود.

1 - Mufflers
2 - Silencer
3 - Exhaust
4 - Reactive
5 - Absorptive
6 - Dispersive

حفاظت فردی

حفاظت فردی آخرین راه برای کنترل صدا است. حفاظت فردی از دستگاه شنوایی، همواره به‌عنوان راه‌حل کمکی یا موقت توأم با موفقیت می‌باشد. این تکنیک ترجیحاً برای ساعاتی که کارگر با بیشترین تراز فشار مواجهه داشته باشد یا در زمانی که سامانه‌های کنترل صدا به‌طور موقت از کار افتاده‌اند مجاز شمرده می‌شود. درصورتی‌که کارگر مجبور باشد برای طول شیفت کاری و به‌طور همیشگی از وسایل حفاظت شنوایی استفاده نماید، مشکلاتی را خواهد داشت که مانع ادامه همکاری او در طرح کنترل صدا می‌گردد. مهم‌ترین آن‌ها ناراحتی کارگر هنگام استفاده از وسیله حفاظت فردی و ایجاد عوارض پوستی در اطراف لاله گوش یا عوارض مجرای شنوایی به‌دلیل ایجاد حساسیت در پوست می‌باشد.

در شرایطی که فرد مجبور به استفاده از وسایل حفاظت فردی باشد، باید در انتخاب وسیله کمال دقت معمول گردد. علاوه بر کیفیت و راحتی، وسیله باید تناسب کافی با شرایط صدای محیط از نظر کاهش تراز و متناسب با فرکانس صدای محیط داشته باشد و همچنین آموزش‌های لازم جهت استفاده مطلوب به کارگر داده شود. جنس مواد به‌کار رفته برای وسیله حفاظت شنوایی باید از نوعی باشد که ایجاد حساسیت در پوست ننماید. حفاظ‌های گوش بر ۴ نوع اصلی می‌باشند:

۱ - حفاظ روگوشی[1]

۲ - حفاظ توگوشی[2]

۳ – قالب گوش[3]

۴- کلاه محافظ

برای انتخاب حفاظ مناسب ابتدا باید مشخصات توزیع تراز فشار صوت کارگاه در فرکانس‌ها اندازه‌گیری و متناسب با آن از حفاظ روگوشی یا توگوشی استانداردی استفاده

1 - Ear Muff
2 - Ear Plug
3 - Ear mould

نمود که در محدوده‌های فرکانس مورد نظر کارایی مطلوب داشته باشد. کارخانجات سازنده نیز مکلف‌اند مشخصات و قابلیت‌های فنی حفاظ را ارائه نمایند.

حفاظ رو گوشی: این وسیله شامل یک محافظ است که روی لالهٔ گوش را می‌پوشاند و در محل تماس سر به علت خاصیت ارتجاعی که دارد، کاملاً درزبندی می‌شود. این حفاظ‌ها بر اساس مشخصات فنی خود در فرکانس‌های مختلف مقادیر متفاوتی را کاهش می‌دهند. این نوع حفاظ فقط قادر به کنترل صدایی است که عمدتاً از طریق هوائی به گوش می‌رسند. ولی امکان انتقال صدا از طریق استخوانی به‌وسیله جمجمه کنترل نمی‌شود. نکته بسیار مهم در انتخاب این نوع، کیفیت آن‌ها است، زیبایی ظاهری نمی‌تواند دلیل بر کیفیت مناسب آن‌ها باشد و در صورتی که مشخصه فنی کنترل صدا در آن‌ها اعلام و یا به تائید مراجع رسمی نرسیده باشد ارزش حفاظتی ندارند. در صورتی که این وسایل برای کنترل محدوده خاصی از فرکانس باشند، می‌توان با توجه به مشخصات فنی نوع مناسب را انتخاب نمود. موی بلند، سربند، عینک و اندازه غیرطبیعی جمجمه بر کارایی حفاظ روگوشی تأثیر نامطلوب دارد.

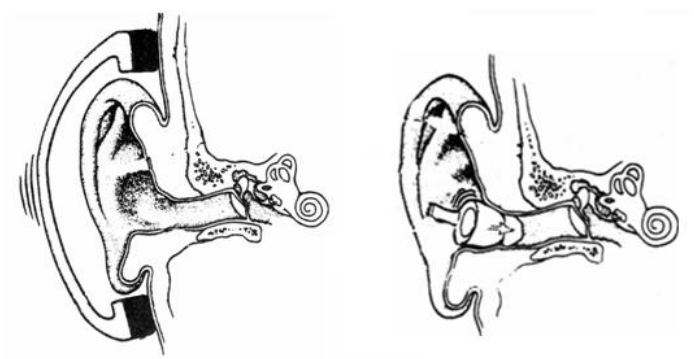
حفاظ توگوشی: این وسیله یک جسم نرم قابل اتساع و در عین حال مؤثر در کنترل صدا می‌باشد که داخل مجرای گوش قرار می‌گیرد و می‌تواند به میزان قابل توجهی صدا را کاهش دهد. میزان کاهش کلی صدا و همچنین در فرکانس‌ها بایستی توسط سازنده اعلام شده باشد. جنس این حفاظ‌ها از مواد مختلفی نظیر اسفنج‌های مخصوص یا اسفنج مومی می‌باشد که هنگام قرارگیری در مجرای گوش به شکل مجرا در آمده و آن را مسدود می‌کند. حفاظ توگوشی دو گوش با یک بند مخصوص به یکدیگر متصل بوده که یکی از کاربردهای آن سهولت برای خارج نمودن آن‌ها است. نکتهٔ اساسی در استفادهٔ از این حفاظ‌ها رعایت بهداشت فردی و نحوهٔ استفاده از آن می‌باشد. این وسیله نباید به هیچ وجه به‌طور مشترک با سایرین مورد استفاده قرار گیرد و هر فرد باید حفاظ مخصوص به خود داشته و در نگهداری و بهداشت آن بکوشد. برای دستیابی به نتیجه مطلوب باید مشخصات فنی وسیله توسط سازنده اعلام و به تائید مراجع رسمی رسیده باشد. برای انتخاب آن‌ها با استفاده از مشخصات فنی مربوط به محدوده فرکانس و میزان کاهش صدا اقدام می‌گردد و

از روی خصوصیات ظاهری نمی‌توان کیفیت آن را تأیید نمود. شکل (۱۵) طرز قرارگیری دو نوع حفاظ روگوشی و توگوشی را نشان می‌دهد.

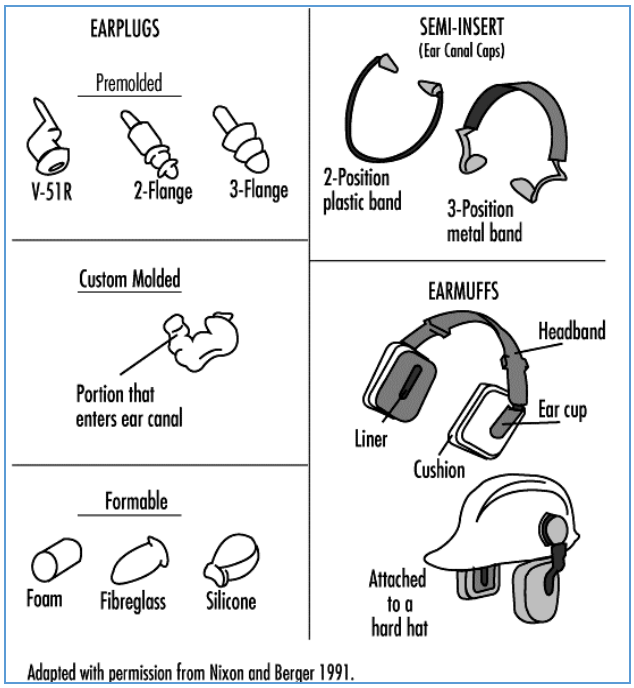
قالب گوش: قالب گوش همان‌گونه که از نام آن پیداست پس از انجام قالب‌گیری توسط کارشناس ادیومتری متناسب با شکل مجرا ساخته می‌شود و می‌تواند به‌صورت انفرادی و مؤثر مورد استفاده قرار گیرد.

کلاه محافظ: برای برخی مشاغل که امکان بروز صدمات مکانیکی به سر نیز موجود است و همچنین برای کنترل انتقال صوت از طریق جمجمه به گوش داخلی و حفاظت بافت مغز در برابر صدمات موج صوتی گروهی از حفاظ‌ها را به‌صورت کلاه محافظ عرضه نموده‌اند. این نوع برای مشاغل معدودی به‌کار می‌رود. اخیراً برای خلبان‌ها کلاه محافظی ساخته‌اند که در آن سیستم دفاع صوتی نیز تعبیه شده است. شکل (۱۶) نمونه‌هایی از حفاظ‌های شنوایی را نشان داده است.

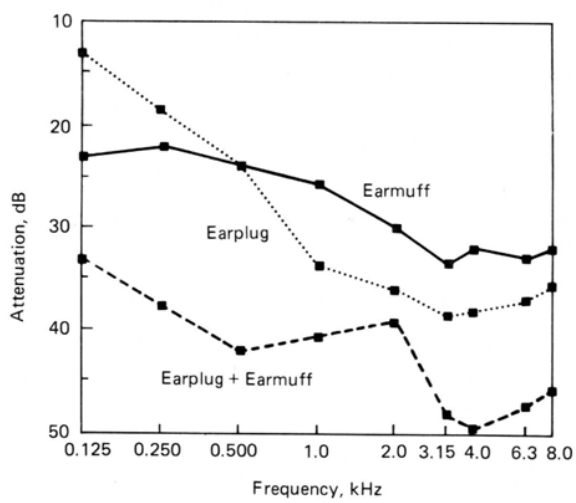
حفاظ توأم: در برخی از موارد لازم است که به‌طور هم‌زمان از حفاظ توگوشی و روگوشی با هم استفاده گردد این روش اگرچه برای کارگر ناراحت کننده است ولی استفاده موقت از آن نتیجهٔ مطلوب‌تری دارد. نمودار شکل (۱۷) تأثیر استفاده مجزا از حفاظ روگوشی و توگوشی و استفاده توأم آن‌ها (برای یک سری نمونه) را در افت انتقال صدا نشان داده است.



شکل (۱۵) طرز قرارگیری دو نوع حفاظ گوش



شکل (۱۶) انواع حفاظ گوش



شکل (۱۷) تأثیر استفاده مجزا و توأم حفاظ روگوشی و توگوشی

انتخاب حفاظ شنوایی

بر اساس قانون جرم عایق‌ها که قبلاً شرح داده شد، یک اصل کلی برای استفاده مؤثر از حفاظ‌های شنوایی وجود دارد که افت انتقال در فرکانس‌های زیر ۱۰۰۰ هرتز ضعیف می‌باشد، بنابر این حفاظ‌های شنوایی برای صداهای پرفرکانس کارایی مناسبی دارند.

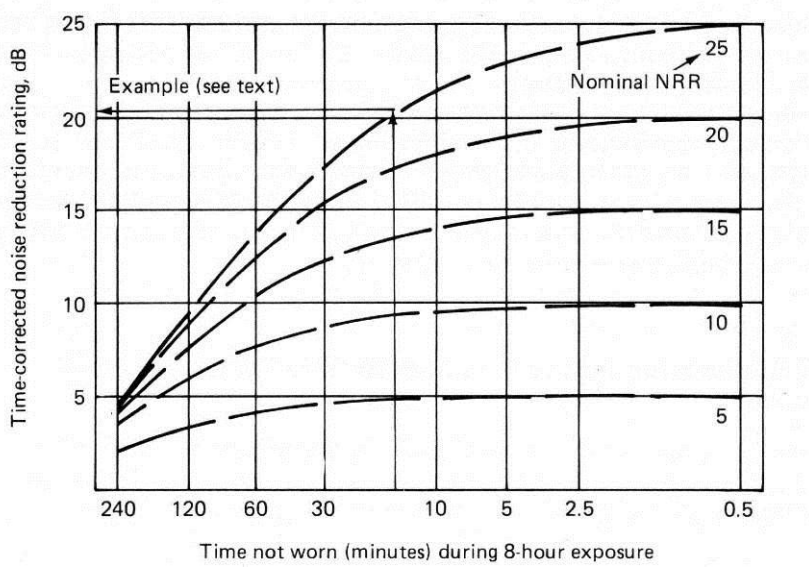
اصولاً برای هر موردی که حفاظ توصیه می‌شود باید قبلاً ارزیابی دقیقی از مواجهه کارگر با صدا انجام شده باشد. در این صورت می‌توان دریافت که کارگر با چه سطحی از خطر و چه محدوده‌هایی از فرکانس مواجهه دارد. لذا حداقل اطلاعات مورد نیاز از مواجهه کارگر شامل تراز کلی فشار صوت مواجهه، تراز معادل، طول زمان مواجهه روزانه و آنالیز فرکانس یک اکتاوباند صدا در پست کاری کارگر است. در این صورت فرکانس‌هایی که باید کنترل صدا در آن‌ها انجام شود و میزان افت انتقال صدا در هر باند فرکانسی و به‌صورت تراز کلی معلوم خواهد شد.

تشخیص قطعی کارایی حفاظ‌های شنوایی فقط با تست فنی توسط یونیتهای مخصوص میسر است. در غیر این صورت استاندارد بودن و داشتن جدول یا نمودار مشخصات فنی ضروری است. در صورتی که بتوان به جدول مشخصات همراه حفاظ اعتماد نمود، یک روش برای بیان کارای حفاظ‌های روگوشی و توگوشی، نسبت کاهش صدا (NRR)[1] می‌باشد که با متد استاندارد ISO مورد تائید قرار گرفته است. این روش به‌صورت آزمایشگاهی و بدون توجه به ماهیت فرکانسی صدا تعیین می‌شود. امروزه NRR به‌عنوان یک شاخص عمومی برای بیان کارایی حفاظ‌ها بدون توجه به چگونگی صدای محیط مطرح می‌باشد. شرکت‌های سازنده نیز در جداول مشخصات حفاظ‌های خود اغلب به این معیار برای بیان کارایی حفاظ شنوایی اشاره می‌کنند. اما باید توجه داشت که این شاخص همواره نمی‌تواند نوع کاربری حفاظ را برای هر مورد مواجهه کارگر معین نماید. کارایی حفاظ در کاهش تراز کلی صدا در بهترین شرایط کمتر از نصف افت انتقال اسمی اعلام شده آن است. راه منطقی و مطمئن برای آزمون کارایی یک حفاظ شنوایی آزمایش آن در شرایط محیط کار

2- Noise Reducing Rating

یا در خود محیط کار توسط یونیت مخصوص است که به آن یونیت گوش مصنوعی می‌گویند. این یونیت می‌تواند مقادیر واقعی کاهش صدا را در شرایط محیط استفاده تعیین نماید.

استفاده نامرتب از حفاظ‌های شنوایی باعث می‌شود که کارایی حفاظ از آنچه که برآورد شده کمتر شود. نتایج نشان داده است که استفاده نامناسب یا نامرتب در طول شیفت می‌توان کارایی حفاظ را حتی به یک پنجم تقلیل دهد. با استفاده از نمودار شکل (۱۸) می‌توان این اثر را معلوم نمود. به‌طور مثال اگر کارگری در یک شیفت ۸ ساعته تنها یک ساعت از گوشی استفاده ننماید کارایی اسمی گوشی را از ۲۵ دسی‌بل به ۱۴ دسی‌بل کاهش می‌دهد. این میزان برای ۴ ساعت عدم استفاده کارایی را به ۵ دسی‌بل کاهش می‌دهد.



شکل (۱۸) تعیین افت کارایی حفاظ‌های شنوایی در اثر استفاده نامرتب